

2.Вагоны трамвайные пассажирские. Общие технические требования ГОСТ 27364-87.

3. Комаров В.М., Рапопорт И.В. Экономия электроэнергии на подвижном составе трамвая и троллейбуса с реостатным и тиристорно-импульсным регулированием. – М.: Ин-т экономики жилищно-коммунального хозяйства АКХ им. К.Д. Панфилова, 1989. – 59 с.

4.Коськин С.А. и др. Пути снижения расхода электроэнергии на подвижном составе городского электротранспорта // Тез. докл. на Всесоюзн. конф. «Научные основы создания энергосберегающей техники и технологии». – М., 1990. – С. 233-235.

5.Электрическое оборудование «ALSTOM TV PROGRESS» для транспортных средств. Каталог продукции. – Прага: ALSTOM Industry, 2006. – 24 с.

6.Носков В.И., Шпики Н.И. Состояние и перспективы внедрения тяговых электроприводов переменного тока // Гидроэнергетика Украины. – 2006. – №2. – С. 63-68.

7.Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства / Под ред. В.А.Веникова. Кн.2. Энергосбережение в электроприводе / Н.Ф.Ильинский, Ю.В.Рожанковский, А.О. Горнов. – М.: Высш. шк., 1989. – 217 с.

*Получено 16.03.2007*

УДК 621.382

С.М.ЕСАУЛОВ, О.Ф.БАБИЧЕВА, кандидаты техн. наук, С.И.ИВАНСКОЙ  
*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ИСПРАВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

Предлагаемый подход к сокращению времени анализа различных величин может найти применение при создании сложных микропроцессорных систем контроля, диагностики и автоматизации процессов на объектах электрического транспорта.

Современные подходы к обслуживанию различного оборудования на транспорте с помощью цифровой и микропроцессорной техники нередко основаны на реализации математических моделей объектов [1]. Применение таких устройств позволяет своевременно выявлять различные неполадки в отдельных узлах, механизмах, системах автоматики, предупреждать их нежелательные проявления при эксплуатации оборудования или автоматизировать процессы с заданной эффективностью. Однако, реализация таких устройств при комплексной оценке состояния всего объекта осложнена значительными затратами времени для контроля параметров.

Принцип действия существующих бортовых систем диагностики и контроля оборудования на автомобилях чаще всего основан на использовании электронной памяти [2]. В аналогичных популярных адаптивных системах контроля оборудования возможные изменения в устройствах описываются математическими зависимостями [3]. Очевидно, что формальные описания процессов линейными уравнениями для получения полезной информации об объекте наиболее популярны

[4]. Особый интерес вызывают при этом системы уравнений, когда решение одной зависимости является решением другой и наоборот. В общем виде систему таких уравнений можно представить:

$$F(t) = 0, \quad (1)$$

где  $F$  – произвольная функция размерности  $n$ ;

$$F_i(t) = 0; \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$X = (t_1, \dots, t_n), \quad (3)$$

а  $X$  – вектор переменных.

Основным критерием при выборе решения таких задач является сходимость, надежность и область применения. Скорость сходимости, применительно к устройствам автоматизации, измеряется числом обращений к вычислению функции  $F(t)$ .

Надежность метода определяется его сходимостью при различных видах функции  $F(t)$ . Следует заметить, что результат может не сходиться и даже расходиться. В последнем случае вместо приближения к корню, наоборот, удаляться от него. Во всех случаях алгоритм расчета должен сигнализировать пользователю о ходе полученных данных.

Область применения результатов определяется самой функцией  $F(t)$ , для которой выбранный метод дает надежную сходимость.

Учитывая сложность процессов на объектах электрического транспорта и тесную взаимосвязь многих величин, можно однозначно отметить, что наиболее удобным аппаратом для решения подобных задач являются матрицы и поиск в массивах [5].

Задача поиска в массивах сводится к определению конкретного элемента, обладающего заданными свойствами. Для рассматриваемых объектов такими свойствами могут быть опасные и критические ситуации, которые и могут служить основанием для корректировки условий эксплуатации оборудования, формирования требований дополнительной проверки узлов, механизмов или объекта в целом.

Для несортированных массивов единственный способ решения вышеуказанной задачи связан с просмотром всех элементов массива. При большом количестве элементов  $M$ , очевидно, потребуется  $M$  сравнений. Применительно к различным техническим решениям, реализующим такие вычисления, наиболее целесообразно использовать метод дихотомии [4].

Для массива  $A$  размера  $M$ , например, необходимо найти элемент  $A[i]$ , значение которого равно некоторой заданной величине  $T$ . Если массив сортирован по  $A[i]$ , т.е. с ростом индекса  $i$  значения элементов не убывают, то индекс массива может изменяться в пределах от  $i_{min}$  до  $i_{max}$ . Не учитывая дискретность  $i$ , считаем, что индекс может быть лю-

бым. Если принять, что элемент со значением  $T$  имеется в массиве, можно утверждать о существовании неубывающей функции  $A(i)$ , для которой необходимо найти решение уравнения

$$A(i) = T, \quad (4)$$

где  $T$  – заданное значение (рис.1).

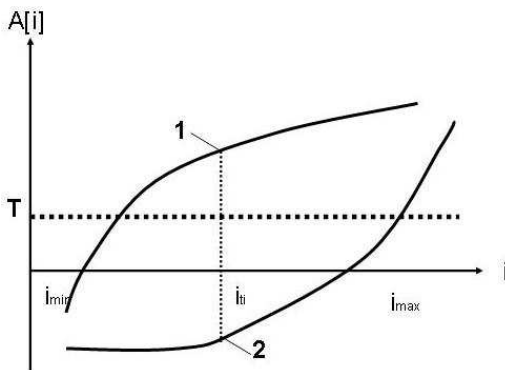


Рис.1 – Применение дихотомии в массивах

Такую задачу методом дихотомии решают, проверяя очередной элемент массива при значении  $i_T$ , который располагается в середине всего интервала  $[i_{min}, i_{max}]$ , т.е.

$$i_T = (i_{min} + i_{max})/2. \quad (5)$$

Если  $A(i_T)$  больше  $T$  (кривая 1), то искомый элемент расположен при меньших значениях индекса. Такой вывод следует из того, что функция  $A(i)$  неубывающая. В этом случае можно утверждать, что при значениях больше  $i_T$  параметр больше  $T$ . В таком случае можно далее перейти к исследованию только интервала индексов  $[i_{min}, i_T]$ , т.е. в качестве верхней границы индексов  $i_{max}$  можно выбрать значение  $i_T$ . Если поведение функции соответствует случаю, иллюстрируемому кривой 2, то можно утверждать, что искомый элемент расположен при больших значениях индекса. В этом случае для дальнейшего рассмотрения можно оставить интервал  $[i_T, i_{max}]$ , заменив в области исследования  $i_{min}$  на  $i_T$ . Очевидно, что в обоих случаях интервал сокращается в два раза и очередной элемент массива следует проверять в середине интервала.

Рассмотренный подход проверки элемента с сокращением интервала проверяемых индексов сдвигает величины  $i_{min}$  и  $i_{max}$ . Весь объем проверок заканчивается, когда длина интервала сократится до шага, которым определяется дискретность величины индекса.

Если учесть, что интервал в любом случае сокращается как  $2^K$ , где  $K$  – число проверенных элементов, а длину последнего интервала принять за 1, то за 10 проверок можно найти элемент в массиве из 1024 элементов, а за 15 – в массиве из 32768 элементов. Полученный результат иллюстрирует возможность во много раз быстрее выполнять поиск в рассмотренном массиве.

Предлагаемый подход использовался при разработке оригинального программного продукта *SauTP v.1.01*, реализующего систему автоматического повторного включения (АПВ) на тяговой подстанции (рис.2).

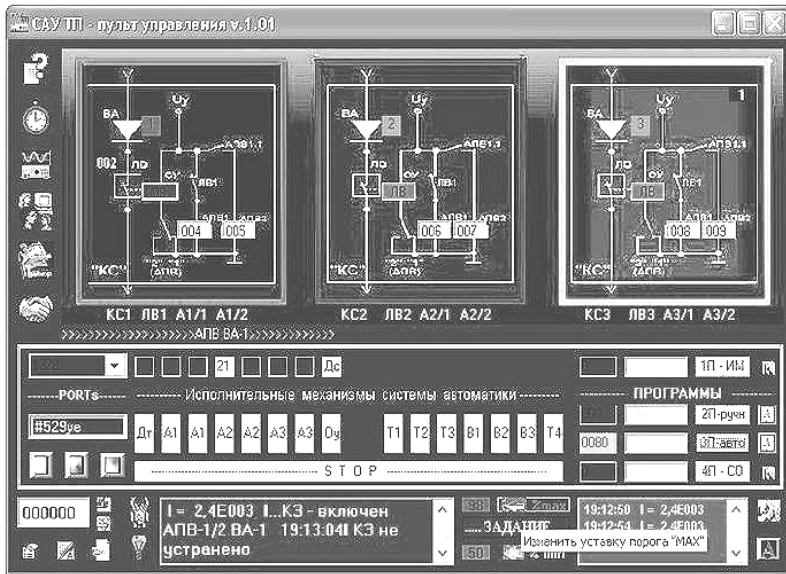


Рис.2 – Интерфейс программы SauTP

Программная реализация алгоритма выглядит следующим образом:

1. Задается интервал изменения тока в контактной сети  $i_{min} = -1$ ,  $i_{max} = M+1$ .
2. Определяется величина  $i_T = (i_{min} + i_{max}) / 2$  (результат округляется до целого значения).
3. Проверяется  $A(i)$ .
4. Если  $A(i) = T$ , выход и возвращение на шаг 1.
5. Если  $A(i) > T$ ,  $i_{max} = I$  и переход на шаг 7.

6. Если  $A(i) < T$ ,  $i_{min} = I$  и переход на шаг 7.
7. Если  $i_{min} - i_{max} = 1$ , выход и возвращение к шагу 1, иначе – переход на шаг 2.

Программой SauTP предусмотрен контроль и диагностика нескольких линий контактной сети. Интервалы значений контролируемых величин тока и временные уставки срабатывания системы АПВ выбираются оператором. Органы управления доступные с интерфейса позволяют пользователю выбирать автоматический или ручной режимы работы, селективный или кольцевой контроль объектов, проверять исправность приемных и исполнительных элементов системы и др. [6].

Программируемая АПВ реализуется на базе любого бытового компьютера с ОС Windows 98/Me/XP/2000. Учитывая возможности программирования подобных задач для современных RISC-микроконтроллеров (Atmel, Microchip, Motorola и др.), очевидно, что вышерассмотренный подход может упростить реализацию подобных задач с их помощью. Это в свою очередь позволит создавать самые различные программируемые локальные системы контроля, диагностики и автоматизации процессов как на стационарных, так и на подвижных объектах электрического транспорта [6].

Таким образом, предложенный путь иллюстрирует возможность сокращения затрат времени для анализа контролируемых технологических величин на объектах при использовании поиска результатов в массивах. Рассмотренный алгоритм реализован в экспериментальном программном продукте, реализующем систему автоматического повторного включения для многоагрегатной тяговой подстанции электроснабжения городского электротранспорта.

1. Кривонос О.Г. Система управления двигателем “РЕНО-F3R” // За рулем. – 2000. – №3. – С.170-173.
2. Кравченко А. Процессор контроллера системы зажигания автомобильного двигателя «Электроника MC2713» // Электрик. – 2000. – №2. – С.52-66.
3. Герман-Галкин С. Анализ и синтез мехатронной системы // Силовая электроника. – 2006. – №1. – С.82 –87.
4. Магда Ю. Использование Ассемблера для оптимизации программ на C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 496 с.
5. Программируемые логические ИМС на КМОП-структурах и их применение / П.П.Мальцев, Н.А.Гарбузов, А.П.Шарапов и др. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 158 с.
6. Есаулов С.М. Микроконтроллеры в учебном процессе // Матеріали IV Міжн. наук.-техн. конф. „Комп’ютерні технології в будівництві”. – Київ - Севастополь - Кривий Ріг, 2006. – С.21-22.

*Получено 20.02.2007*